

1. 검토 배경 및 목적

- 집중호우로 인한 토석류 피해 빈도와 규모가 증가
- 산지부 고속도로 토석류를 고려한 세부 설계기준 미비
- 도로이용자의 안전 확보와 산악지 도로 유실 방지 등을 위한 설계기준 수립
- 『수해 예방을 위한 산악지 도로 설계 매뉴얼, 건설교통부, 2007. 7.』
- 향후 고속도로 설계시 적용할 수 있도록 '06.11. 수립 시행중인 “산지부 도로설계기준”을 개선코자 함

2. 추진경위

- 산지부 도로설계기준 검토('06.11.30)
- 빈번한 국지성 호우로 인한 산지부 도로시설 피해 증가로 수해 예방을 위한 설계기준 상향조정 필요성 대두되어 일반적 설계기준보다 산지부 특성에 맞게 상향된 「산지부 도로설계기준」을 마련
- 산악지 도로설계 매뉴얼 통보('07. 7.30)
- 집중호우로 인한 산악지 도로의 유실 방지 등을 위해 건설교통부에서 『수해 예방을 위한 산악지 도로 설계 매뉴얼』을 제정

3. 문제점

- ‘산지부 도로설계기준’과 ‘산악지 도로설계 매뉴얼’의 일부항목이 서로 상이하여 적용상 혼란 예상
 - ⇒ 산지의 정의, 강우강도 등
- 산악지 도로설계 매뉴얼의 규정이 산지부 도로설계기준보다 강화되어 상위기준에 맞게 보완 필요
 - ⇒ 시추조사 기준, 쌓기부 도수로 설치간격, 맹암거 규격 등
- 새로운 기준수립으로 인한 산지부 도로설계기준의 잠정기준 변경 필요
 - ⇒ α_2 (유충잡물을 고려한 단면여유)
- 토석류 대책에 대한 상세기준 필요

4. 설계기준 개선내용

가. 산지의 정의

구분	산지부 도로설계기준	산악지 도로설계 매뉴얼	비고
내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과거 강우강도 100mm/hr ○ 표고 400m 이상 산지 ○ 이상 집중호우가 발생된 지역 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 표고 400m 이상 산지를 접한 계곡 등 영향권 내의 지역 	

- 산지에 대한 정의가 명확하지 않으므로 절대표고 개념으로 산지부를 정의한 산악지 도로설계 매뉴얼 적용

나. 설계강우 발생빈도

구 분	산지부 도로설계기준	산악지 도로설계 매뉴얼	비 고
발생빈도	100년	50년	암거 및 배수관

- 설계강우 발생빈도 상향에 따른 공사비 증가규모가 크지 않으며, 불투정지역에서 국지성 호우로 인한 산지부 도로시설 피해가 증가하고 있어 안전을 고려하여 설계강우 발생빈도를 100년으로 적용

다. 깎기비탈면 안전율

구 분	산지부 도로설계기준	산악지 도로설계 매뉴얼	비 고
안전율	$F_s > 1.2$ · 지하수 위치 : 암반비탈면은 인장균열의 1/2심도, 토층 및 풍화암은 지표면에 위치	$F_s > 1.2$ 또는 $F_s > 1.3$ · 암반비탈면은 인장균열의 1심도까지 지하수를 위치시키고 해석수행, 토층 및 풍화암은 지표면에 지하수를 위치시키고 해석수행($F_s=1.2$ 적용) · 강우의 침투를 고려한 해석을 실시하는 경우($F_s=1.3$ 적용) · 위 두가지 조건 중 선택적으로 1가지 조건을 만족시켜야 함	

- 비탈면안전 해석 시 적용하는 기준안전율은 「건설공사 비탈면 설계 기준, 건설교통부, 2006. 4」을 적용한 산악지 도로설계 매뉴얼 적용

라. 시추조사 최소기준

구 분	현 기준	산악지 도로설계 매뉴얼	비 고
조사기준	· 암반 및 붕괴특성을 고려 4등급으로 분류하여 시추 : 최대 4공, 최소 1공 · 비탈면 부지계획면 아래 1m까지 시추	· 깎기높이 20m이상 비탈면 : 최소 2개소 시추 · 연장이 긴경우 200m마다 1회의 시추조사 추가 · 비탈면 부지계획면 아래 2m까지 시추	

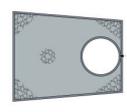
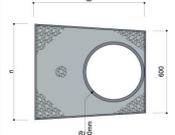
- 일반구간은 등급에 따라 조사의 경중을 정한 현 기준을 적용
- 산지부의 경우 산악지 도로설계 매뉴얼 적용

마. 쌓기부 도수로 최대설치간격

구 분	현 기준	산악지 도로설계 매뉴얼	비 고
간 격	150m	70m	

- 노면수 유입에 대한 쌓기부 도수로의 배수 효율을 고려하여 쌓기부 도수로 최대설치간격을 70m(산악지 도로설계 매뉴얼)로 적용

바. 맹암거 설치규격

구 분	현 기준	산악지 도로설계 매뉴얼	비 고
규 격	 하단, 상단, 높이 : 400 * 500 * 600 유공관 : 200mm	 하단, 상단, 높이 : 600 * n * 800 유공관 : 400mm	

- 도로포장 하부구조의 우수 유입 방지, 침투수 차단, 지하수위 억제 등 집수 및 배수 기능을 고려하여 산악지 도로설계 매뉴얼에서 제 시된 규격을 적용

사. α_2 (유송잡물을 고려한 단면여유) 적용

구분	산지부 도로설계기준	산악지 도로설계 매뉴얼	비고
α_2	50%	$\alpha_2 = \left(\frac{Q_{sp}}{Q_d} - 1 \right) \times 100$ 여기서 Q_{sp} : 토석류의 피크 유량 (m ³ /sec) Q_d : 설계유량 (m ³ /sec)	

- 산지부 도로설계기준의 α_2 는 경험적 방법에 의해 제시된 값이므로 산악지 도로설계 매뉴얼에서 제시된 α_2 값을 적용

아. 토석류 대책공법 기준

- '산지부 도로설계기준'의 토석류에 대한 상세기준이 부재하므로 연구행중인 '토석류 대책방안 지침'의 조사방법 및 적용구간 선정 기준 적용

□ 토석류 조사방법

- 지형조사 : 1: 5,000 지형도 이용
 - 유역면적, 계곡길이, 유역 평균경사, 도로인접부 지형경사, 유역내 경사도 분석
- 현장답사 : 계곡내의 퇴적물량과 상태, 폭
- 도로조사
 - 배수규격, 퇴적여유공간, 방어구조물 설치의 제약사항

□ 토석류 대책 적용구간 선정기준

- 지질조건
 - 표토층의 두께가 2.0m 미만에서 얇은 파괴발생이 예상되는 구간
 - 계곡부 내에 토사, 자갈, 암석이 많이 쌓인 구간
- 지형조건
 - 배수유역면적이 0.05km²이상 1.0km²이하인 구간(피해가능 규모)
 - 유역내 지형경사가 30° 이상이 되는 구간이 면적기준 5%이상
 - 계곡부 평균경사가 20°이상
 - 도로에서 100m이내의 지형 평균경사가 10°이상
 - 과거 토석류의 발생흔적 또는 발생기록이 있는 구간

5. 검토 결과

- 집중호우로 인한 피해 예방을 위하여
 - 암거 및 횡단배수관 설계에 적용되는 설계강우 발생빈도 강화된 기준인 100년(현 기준)을 적용
 - 산지의 정의(적용범위), 깎기비탈면 안전율, 쌓기부 도수로간격, 맹암거 규격, α_2 (유송잡물을 고려한 단면여유)는 산악지도로 설계 매뉴얼 적용
 - 토석류의 대책공법 설계를 위한 상세기준(조사, 적용구간 선정) 적용

6. 적용 방안

- '07. 11월 이후 설계준공 노선부터 적용
- 설계완료 미발주 노선 : 보완설계시 적용
- 공사중인 노선 : 공사주관부서에서 판단후 적용

7. 향후 계획

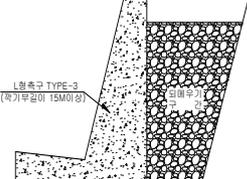
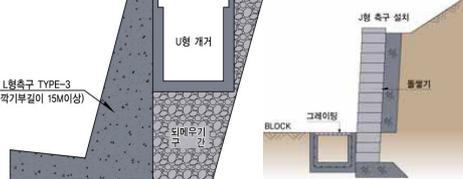
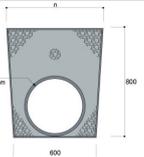
- 토석류 대책방안에 대한 지침 수립

- 붙임 : 1. 기준 대비표(산지부 도로설계기준, 산악지 도로설계 매뉴얼)
 2. 산지부 도로설계기준(변경)
 3. 산악지 도로설계 매뉴얼('07. 7. 건설교통부)

[붙임 #1]

구 분	산지부 도로설계기준(한국도로공사) (‘06.11.30)	산악지 도로설계 매뉴얼(건설교통부) (‘07.7)	비 고																				
적용범위 (p1)	<ul style="list-style-type: none"> 과거 강우강도가 100mm/hr 이상 집중호우가 발생된 지역 또는 산림청의 산사태 위험지도상 1, 2등급으로 분류되는 지역으로 <ul style="list-style-type: none"> - 도로가 산악지역의 계곡부를 통과함에 따라 땅갈기 및 흩날기 비탈면이 연속적으로 발생하는 구간 - 백두대간 및 주요산맥을 통과하는 구간 퇴적암이 지반의 주를 형성하는 지역으로 토석류피해 위험지역 위 구간의 산악지역을 통과하는 구간으로 설계자가 판단하여 지질전문가와 수리전문가의 자문을 거쳐 배수규격의 확대가 특별히 필요하다고 판단되는 구간 	<ul style="list-style-type: none"> 산림청의 산사태 위험지도상 1, 2등급으로 분류되는 지역 표고400m 이상 산지를 접한 계곡 등 영향권 내의 지역 산사태 및 토석류 등으로 피해를 발생한 지역 산악지를 통과하는 지역으로 건설기술관리법 제5조의 2 규정에 의한 도로, 수리수문, 토질 및 기초 구조, 지질 및 지반분야의 전문가로 구성된 설계자문위원회에서 현행 설계기준보다 배수규격확대 등 특별히 설계기준 강화가 필요하다고 판단되는 지역 																					
안전율 (p72)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>현 재</th> <th>개 선</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>우기시</td> <td>$F_s > 1.1 \sim 1.2$</td> <td>$F_s > 1.2$</td> </tr> </tbody> </table>	구 분	현 재	개 선	우기시	$F_s > 1.1 \sim 1.2$	$F_s > 1.2$	<p><표 5.3.3> 깎기 비탈면 안정 해석시 적용하는 기준 안전율</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>기준안전율</th> <th>참 조</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>간기</td> <td>$FS > 1.5$</td> <td>• 지하수가 없는 것으로 해석</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">우기</td> <td>$FS > 1.2$ 또는 $FS > 1.3$</td> <td>• 암반비탈면은 인장균열의 침식도까지 지하수를 위치시키고 해석수행, 토층 및 풍화암은 지표면에 지하수를 위치시키고 해석수행($FS=1.2$적용) • 강우의 침투를 고려한 해석을 실시하는 경우($FS=1.3$적용) • 위두가지 조건 중 선택적으로 1가지 조건을 만족시켜야 함</td> </tr> <tr> <td>자진시</td> <td>$FS > 1.1$</td> <td>• 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 • 지하수위는 실제측정 또는 평상시의 지하수위 측정</td> </tr> <tr> <td>단기</td> <td>$FS > 1.0$</td> <td>• 기간 1년 미만의 단기간의 안정성 검토시</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ 강도경수를 한계강도가 아닌 잔류강도로 해석한 경우: 위 기준에서 0.1 감소 ※ 비탈면 상부 파괴범위 내에 강우침투가 심한 경우, 가옥·건물 등의 고정시설물이 있는 경우: 위 기준에서 0.05 증가할 수 있음 ※ 비탈면 상부 파괴범위 내에 1.2중 시설물의 기초가 있는 경우: 별도 검토 ※ 상기 조건을 중복 적용하여 $FS < 1.0$인 경우에는 최소안전율 1.0 적용</p>	구분	기준안전율	참 조	간기	$FS > 1.5$	• 지하수가 없는 것으로 해석	우기	$FS > 1.2$ 또는 $FS > 1.3$	• 암반비탈면은 인장균열의 침식도까지 지하수를 위치시키고 해석수행, 토층 및 풍화암은 지표면에 지하수를 위치시키고 해석수행($FS=1.2$ 적용) • 강우의 침투를 고려한 해석을 실시하는 경우($FS=1.3$ 적용) • 위두가지 조건 중 선택적으로 1가지 조건을 만족시켜야 함	자진시	$FS > 1.1$	• 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 • 지하수위는 실제측정 또는 평상시의 지하수위 측정	단기	$FS > 1.0$	• 기간 1년 미만의 단기간의 안정성 검토시
	구 분	현 재	개 선																				
우기시	$F_s > 1.1 \sim 1.2$	$F_s > 1.2$																					
구분	기준안전율	참 조																					
간기	$FS > 1.5$	• 지하수가 없는 것으로 해석																					
우기	$FS > 1.2$ 또는 $FS > 1.3$	• 암반비탈면은 인장균열의 침식도까지 지하수를 위치시키고 해석수행, 토층 및 풍화암은 지표면에 지하수를 위치시키고 해석수행($FS=1.2$ 적용) • 강우의 침투를 고려한 해석을 실시하는 경우($FS=1.3$ 적용) • 위두가지 조건 중 선택적으로 1가지 조건을 만족시켜야 함																					
	자진시	$FS > 1.1$	• 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 • 지하수위는 실제측정 또는 평상시의 지하수위 측정																				
단기	$FS > 1.0$	• 기간 1년 미만의 단기간의 안정성 검토시																					
	<p>• 지하수 위치 : 암반비탈면은 인장균열의 1/2심도, 토층 및 풍화암은 지표면에 위치</p>																						

구 분	산지부 도로설계기준(한국도로공사) (‘06.11.30)	산악지 도로설계 매뉴얼(건설교통부) (‘07.7)	비 고																		
강우강도 (p104)	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구 분</th> <th rowspan="2">현 재</th> <th colspan="2">개 선</th> </tr> <tr> <th>평 지</th> <th>산 지</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>암거 및 배수관 (도설지 및 집단가옥)</td> <td>25년 (50년)</td> <td>25년 (50년)</td> <td>100년</td> </tr> <tr> <td>노면 및 비탈면 배수</td> <td>10년</td> <td>10년</td> <td>20년</td> </tr> <tr> <td>측도 및 도로인접지 배수</td> <td>10년</td> <td>10년</td> <td>20년</td> </tr> </tbody> </table>	구 분	현 재	개 선		평 지	산 지	암거 및 배수관 (도설지 및 집단가옥)	25년 (50년)	25년 (50년)	100년	노면 및 비탈면 배수	10년	10년	20년	측도 및 도로인접지 배수	10년	10년	20년	<ul style="list-style-type: none"> 암거 및 배수관 50년 노면 및 비탈면 배수 20년 측도 및 도로 인접지 배수 20년 	
구 분	현 재			개 선																	
		평 지	산 지																		
암거 및 배수관 (도설지 및 집단가옥)	25년 (50년)	25년 (50년)	100년																		
노면 및 비탈면 배수	10년	10년	20년																		
측도 및 도로인접지 배수	10년	10년	20년																		
침식방지시설 (p110)	<ul style="list-style-type: none"> 쌓기 비탈면이 하천내에 위치하거나 연결하여 통과하는 경우 하천범람을 고려 최대 홍수위에 1.0m 여유고까지 비탈면 침식방지 시설 설치 <table border="1"> <thead> <tr> <th>구 분</th> <th>내 용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>하천 통과구간</td> <td>홍수위 + 1.0m : 호안블럭 반영 (주변 호안의 공법 고려 하천설계기준에 의거 설치)</td> </tr> <tr> <td>하천 연결구간</td> <td>홍수위 + 1.0m : 돌블럭공, 호안블럭 반영 (두 공법의 경제성 비교후 적용)</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ 하천 만곡부에 도로가 위치하는 경우 수리특성 분석을 통하여 침식방지시설 설치높이 결정</p>	구 분	내 용	하천 통과구간	홍수위 + 1.0m : 호안블럭 반영 (주변 호안의 공법 고려 하천설계기준에 의거 설치)	하천 연결구간	홍수위 + 1.0m : 돌블럭공, 호안블럭 반영 (두 공법의 경제성 비교후 적용)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TYPE-1</th> <th>TYPE-2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>옹벽 등 구조물의 계획변경으로 세굴지역의 해소</td> <td>호안블럭, 석축 등으로 세굴지역의 보강방안 검토</td> </tr> </tbody> </table>	TYPE-1	TYPE-2			옹벽 등 구조물의 계획변경으로 세굴지역의 해소	호안블럭, 석축 등으로 세굴지역의 보강방안 검토							
구 분	내 용																				
하천 통과구간	홍수위 + 1.0m : 호안블럭 반영 (주변 호안의 공법 고려 하천설계기준에 의거 설치)																				
하천 연결구간	홍수위 + 1.0m : 돌블럭공, 호안블럭 반영 (두 공법의 경제성 비교후 적용)																				
TYPE-1	TYPE-2																				
옹벽 등 구조물의 계획변경으로 세굴지역의 해소	호안블럭, 석축 등으로 세굴지역의 보강방안 검토																				
α_2 (p122)	<ul style="list-style-type: none"> 50% 잠정적용 	<ul style="list-style-type: none"> $\alpha_2 = \left(\frac{Q_{sp}}{Q_d} - 1 \right) \times 100$ 																			

구 분	한국도로공사 설계 기준	산악지 도로설계 매뉴얼(건설교통부) ('07.7)	비 고
시추조사	<ul style="list-style-type: none"> 절토부 개소당 1개소 이상 	<ul style="list-style-type: none"> 대규모 절취부(절취고 20m이상)는 시추조사를 2개소 이상을 실시한다. 단, 필요에 따라 조사 수량을 늘려 적용 	
설계속도 (p31)		<ul style="list-style-type: none"> 산악지 도로를 고려한 설계 속도는 기존의 도로 개량, 수해복구, 국립공원 등 지형상황 및 경계성 등을 고려하여 「도로설계기준」의 산지부 속도에서 시속 10~20 킬로미터 범위 안에 감한 설계속도를 적용할 수 있다. 	
중단경사 (p32)		<ul style="list-style-type: none"> 산악지도로의 중단선형은 지형상황, 주변 지장물 및 경계성을 고려하여 필요하다고 인정되는 경우에는 「도로의 시설·기준에 관한 규칙」의 산지부 비율에 1%를 더한 값 이하로 적용한다. 	
노면 배수시설 (p106)			
쌓기부도수로 설치간격 (p107)	<ul style="list-style-type: none"> 최대간격 150 M 	<ul style="list-style-type: none"> 최대간격 70 M 	
맹암거규격 (p108)	 <p>하단, 상단, 높이 : 400 * 500 * 600 유공관 : 200mm</p>	 <p>하단, 상단, 높이 : 600 * n * 800 유공관 : 400mm</p>	